



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 112053

(13) C2

(51) МПК

A23K 10/38 (2016.01)

C12P 7/10 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2012 05718	(72) Винахідник(и):	Медофф Маршалл (US)
(22) Дата подання заявки:	12.10.2010	(73) Власник(и):	КСІЛЕКО, ІНК., 360 Audubon Road, Wakefield, MA 01880, United States of America (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.07.2016	(74) Представник:	Петров Андрій Володимирович, реєстр. №139
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	61/251,610	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	Cao et al., Ethanol production from corn cob pretreated by the ammonia steeping process using genetically engineered yeast // Biotechnology letters. – 1996. – Vol.18. – № 9. – P.1013-1018. US 20090071066 A1, 19.03.2009 US 20090029432 A1, 29.01.2009 US 20060286628 A1, 21.12.2006 US 20070037259 A1, 15.02.2007 US 20060251764 A1, 09.11.2006
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	14.10.2009		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	11.06.2012, Бюл.№ 11		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.07.2016, Бюл.№ 14		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/US2010/052382, 12.10.2010		

(54) ОДЕРЖАННЯ КОРМОВИХ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЕТАНОЛУ

(57) Реферат:

Винахід належить до способу одержання кормових відходів виробництва етанолу, наприклад збродженого зерна і розчинних речовин, з низьким вмістом антибіотиків або що практично не містять антибіотиків, при якому антибіотики, присутні в кормових відходах, інактивують шляхом опромінення.

UA 112053 C2

ОПИС

Ця заявка виявляє пріоритет Попередньої заявки на Патент США № 61/251610, зареєстрованої 14 жовтня 2009 року.

ГАЛУЗЬ ТЕХНІКИ, ДО ЯКОЇ НАЛЕЖИТЬ ВІНАХІД

5 Цей винахід стосується одержання корму для худоби з відходів виробництва етанолу, наприклад, із зброженого зерна, і відходів виробництва етанолу з целюлози.

РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

Існують виробничі установки для одержання етанолу із зерна, наприклад, з кукурудзи і з цукру. Одержання етанолу описане в багатьох публікаціях, наприклад, в керівництві The Alcohol Textbook, 4th Ed., ed. K.A. Jacques, et al, Nottingham University Press, 2003. Зброжене зерно (що також називається зброженим зерном з розчинними речовинами (DGS) або сухим зброженим зерном з розчинними речовинами (DDGS)) стосується побічного продукту виробництва етанолу. Зброжене зерно є цінним побічним продуктом, оскільки воно є основним джерелом дешевого корму для худоби. Однак нещодавно виникли проблеми, пов'язані з присутністю в зброженому зерні антибіотиків. Антибіотики в зброженому зерні звичайно присутні внаслідок застосування антибіотиків в процесі одержання етанолу. Антибіотики, такі як пеніцилін і віргініаміцин, застосовують для боротьби з бактеріями, які конкурують з дріжджами в процесі бродіння, перетворюючи цукор в молочну кислоту, а не в етанол. Якщо будуть введені обмеження на продаж або застосування зброженого зерна внаслідок побоювань з приводу наявності в ньому антибіотиків, то це надалі приведе до зниження рентабельності для виробників етанолу, а також до позбавлення власників тваринницьких ферм хорошого джерела корму для худоби.

Зміст кожного з патентних документів U.S. Patent Application No. 20060127999 "Process for producing ethanol from corn dry milling" і U.S. Patent Application No. 20030077771 "Process for producing ethanol" приводиться в описі винаходу шляхом посилання на них. Крім того, зміст кожного з патентних документів U.S. Patent No. 7351559 "Process for producing ethanol", U.S. Patent No. 7074603 "Process for producing ethanol from corn dry milling" і U.S. Patent No. 6509180 "Process for producing ethanol" приводиться в описі винаходу шляхом посилання на них.

СУТЬ ВІНАХОДУ

Загалом, цей винахід стосується кормових відходів виробництва етанолу і способів одержання кормових відходів з низьким вмістом антибіотиків або, в переважних варіантах здійснення, що практично не містять антибіотиків. Вираз "з низьким вмістом антибіотиків" або "що практично не містить антибіотиків" означає, що кормові відходи містять невелику кількість або взагалі не містять активного антибіотика, наприклад, менше 100 (частин на мільйон) ppm; кормові відходи можуть містити інактивовані антибіотики, буде описано далі в цьому документі.

35 Кормовими відходами можуть бути, наприклад, сухе зброжене зерно (DDG) у випадку виробництва етанолу із зерна, або суміш лігніну, невивродивших цукрів (наприклад, ксилози, арабінози); мінерали (наприклад, глина, діоксид кремнію, силікати), і в деяких випадках целюлоза, яка не прореагувала при ферментативному гідролізі.

У деяких варіантах здійснення, кормові відходи містять менше 50 частин на мільйон (ppm) по масі активного антибіотика, наприклад, менше 25 ppm, менше 10 ppm або навіть менше 1 ppm.

В одному аспекті винахід пропонує спосіб, що включає опромінення кормових відходів, які були одержані як побічний продукт при виробництві етанолу.

Деякі варіанти здійснення включають одну або більше наступних характерних рис. Наприклад, при одержанні етанолу із зерна, кормові відходи включають зброжене зерно і розчинні речовини. Як варіант, наприклад, коли при одержанні етанолу як вихідної сировини використовують целюлозу і/або лігноцелюлозу, кормові відходи можуть включати лігнін, ксилозу і мінерали і, в деяких випадках, целюлозу, яка не прореагувала при ферментативному гідролізі.

У деяких випадках кормові відходи містять антибіотик, і опромінення проводиться за умов, які приводять до інактивації або руйнуванню антибіотика, наприклад, шляхом зміни молекулярної структури антибіотика. У таких випадках кормові відходи після опромінення можуть включати менше 100 ppm, наприклад, менше 50, 25, 10 або 1 ppm по масі активного антибіотика або можуть практично не містити активного антибіотика. У деяких варіантах здійснення, кормові відходи до опромінення містять приблизно від 500 ppm приблизно до 10000 ppm по масі активного антибіотика.

В інших випадках одержання етанолу може бути здійснене без додавання антибіотиків. У таких випадках, до опромінення, кормові відходи можуть містити бактерії, і опромінення проводять за умов, які приводять до знищення бактерії.

60 У деяких варіантах здійснення опромінення проводять при дозі більш приблизно 0,5 мрад і/або менш приблизно 5 мрад, наприклад, при дозі приблизно від 1 приблизно до 3 мрад.

Якщо кормові відходи є збродженим зерном і розчинними речовинами, то зброжене зерно і розчинні речовини можуть бути висушені з одержанням сухого зброженого зерна з розчинними речовинами (DDGS). Сушіння може бути виконане до опромінення, в процесі опромінення або після опромінення.

Зміст всіх згаданих або прикладених в описі винаходу публікацій, заявок на патенти, патентів й інших джерел приводиться шляхом посилання на них.

ОПИС КРЕСЛЕНЬ

На фіг. 1 наведена принципова схема, що ілюструє спосіб одержання етанолу і зброженого зерна.

ДОКЛАДНИЙ ОПИС

Згідно з фіг. 1, установка одержання етанолу може включати, наприклад, одне або більше виробничих відділень (10) для прийому і механічної обробки вихідної сировини, які в типовому виробництві етанолу на основі зерна (наприклад, кукурудзи або хлібних злаків) звичайно включає обладнання для прийому зерна і молотковий млин. Якщо застосовувана вихідна сировина є незерновим целюлозним або лігноцелюлозним матеріалом, то можуть бути передбачені виробничі відділення (10) для подрібнення вихідної сировини з метою забезпечення доступу до внутрішніх волокон вихідної сировини, наприклад, як це описано в патентному документі U.S. Patent № 7470463, зміст якого приводиться тут шляхом посилання на нього.

У деяких випадках, наприклад, коли вихідна сировина включає матеріал, який важко піддається обробці за допомогою бродіння, наприклад, післязбиральні рослинні відходи або інша лігноцелюлозна сировина, установка може необов'язково включати виробниче відділення для обробки вихідної сировини з метою зниження її стійкості до розкладання. У деяких варіантах здійснення стійкість до розкладання знижується щонайменше на 5 % або щонайменше на 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 або 95 %.

У деяких випадках стійкість до розкладання практично повністю усувається. Способи обробки, що використовуються у виробничому відділенні для зниження стійкості до розкладання, можуть включати один або більше впливів шляхом опромінення, руйнування ультразвуком, окиснення, піролізу і обробки паром. Способи обробки можуть застосовуватися в комбінації з двох, трьох, чотирьох навіть всіх цих технологій (в будь-якому порядку). Виробничі відділення, які призначені для попередньої обробки вихідної сировини з метою зниження стійкості до розкладання, описані в патентному документі WO 2008/03186, зміст якого наводиться тут шляхом посилання на нього.

Потім вихідна сировина може бути оброблена в послідовно з'єднаних, добре відомих пристроях для теплової обробки (12), піддана зрідженню (14) і охолодженню (16) до температури, придатної для контакту з мікроорганізмами, такими як дріжджі. Охолоджений потік потім спрямовують в біотехнологічну систему (18), де його піддають біотехнологічній обробці, наприклад, бродінню, з одержанням сирової етанольної суміші, яку спрямовують в ємність для зберігання (20).

У деяких випадках в біотехнологічній системі можуть використовуватися антибіотики для запобігання надмірному утворенню молочної кислоти в результаті впливу бактерій в суміші. Наприклад, антибіотик може бути доданий в концентрації приблизно від 500 ppm до 10000 ppm по масі від вихідної сировини.

Як варіант застосування антибіотиків можна уникнути, наприклад, шляхом очищення вихідної сировини і технологічного обладнання, проведення процесу при низьких значеннях pH і підтримки високої продуктивності в процесі замочування, затирання і бродіння. Можуть бути також додані неантибіотичні добавки, наприклад, екстракт хмелю, що продається фірмою BetaTec Hop Products під торговою маркою IsoStab^(TM). Якщо використовуються ці варіанти, то бажано стерилізувати кормові відходи для забезпечення їх безпеки.

Воду або інший розчинник й інші компоненти, що не містять етанолу, видаляють з сирової етанольної суміші в відгінній колоні (22), потім відганяють етанол в дистиляційній установці (24), наприклад, ректифікаційній колоні. І нарешті, етанол може бути висушений за допомогою молекулярних сит (26), денатурований у випадку необхідності і спрямований у відповідний засіб транспортування.

Інший потік виводять з куба відгінної колоні (22) і пропускають через центрифугу (28). Рідку фракцію або "фільтрат зброженого зерна (повернення)" потім повертають в процес, як правило, до пристроїв теплової обробки (12). Тверді речовини "відфільтрований осад" піддають подальшій обробці, що включає сушіння у випарнику/сушарці виробничого відділення (30), з одержанням в результаті кормових відходів, наприклад, сухого зброженого зерна з розчинними речовинами (DDGS), якщо вихідною сировиною було зерно.

Кормові відходи потім опромінюють на установці опромінення (32). Опромінення забезпечує як інактивацію будь-якого антибіотика, присутнього в кормових відходах після процесу бродіння, наприклад, шляхом зміни молекулярної структури антибіотика, так і стерилізацію кормових відходів, знищуючи будь-які небажані бактерії або інші мікроорганізми, присутні в кормових відходах.

Опромінення може бути здійснене за допомогою будь-якого придатного пристрою. Якщо кормові відходи являють собою матеріал з профілем невеликого перерізу, наприклад, невеликі гранули, то для забезпечення високої продуктивності може бути переважним електронно-променеве опромінення. Якщо потрібне потрапляння опромінення на велику глибину, наприклад, якщо кормові відходи являють собою матеріал в формі великих шматків, то може застосовуватися гамма-опромінення.

Опромінення може бути здійснене в будь-якій дозі, яка є достатньою для інактивування антибіотика і/або знищення бактерій і небажаних мікроорганізмів без шкідливого впливу на присутніх в кормових відходах поживні речовини. Наприклад, доза може становити приблизно від 0,5 мрад приблизно до 5 мрад, наприклад, приблизно від 1 мрад приблизно до 3 мрад.

Сушіння кормових відходів може бути здійснена перед опроміненням (як показано), в процесі опромінення або після опромінення або, при необхідності, її можна виключити.

Загалом, все застосовуване в описаному вище способі технологічне обладнання, є обладнанням, що традиційно використовується на діючих промислових установках по виробництву етанолу, за винятком необов'язкового виробничого відділення для зниження стійкості до розкладання, і пристрою, що застосовується для опромінення кормових відходів.

У деяких випадках вихідною сировиною може бути матеріал з целюлози або лігноцелюлози, який піддали механічній обробці і необов'язково попередній обробці в іншому місці, що знаходиться на великій відстані, і потім відправили на установку, наприклад, залізницею, автотранспортом або водним шляхом (наприклад, баржею або супертанкером), або по повітрю. У таких випадках матеріал може перевозитися в ущільненому стані з метою ефективнішого використання об'єму транспортного засобу. Наприклад, вихідна сировина може бути піддана механічній обробці, наприклад, за допомогою описаних нижче методів подрібнення, до об'ємної густини меншої приблизно $0,35 \text{ г/см}^3$ і потім піддано ущільненню з метою досягнення об'ємної густини щонайменше приблизно $0,5 \text{ г/см}^3$. У деяких варіантах здійснення ущільнений матеріал може мати об'ємну густину щонайменше $0,6$, $0,7$, $0,8$ або $0,85 \text{ г/см}^3$. Волокнисті матеріали можуть бути піддані ущільненню за допомогою будь-якого придатного способу, наприклад, описаного в патентному документі WO 2008/073186.

У деяких випадках вихідна сировина може бути волокнистою за природою. Волокнистих джерел сировини стосуються целюлозні волокна, включаючи папір і паперові вироби (наприклад, мелований папір і крафт-папір) і джерела лігноцелюлозного волокна, включаючи деревину і деревні матеріали, наприклад, деревностружкової плити. Інші придатні джерела волокон включають природні джерела клітковини, наприклад, трави, рисове лушпиння, макуху, бавовну, джут, коноплю, льон, бамбук, сизаль, абаку, солому, кукурудзяні качани, волосся кокоса, джерела волокон з високим вмістом целюлози, наприклад, бавовни. Джерела волокон можуть бути одержані з відходів вихідних текстильних матеріалів, наприклад, обрізків тканини, з відходів після використання виробів, наприклад, ганчір'я. Коли як джерела волокон використовують паперові вироби, вони можуть бути не вживаними матеріалами, наприклад, обрізками, не вживаних матеріалів, або вони можуть бути відходами після використання матеріалів. Крім первинної сировини, як джерела волокон можуть бути також використані відходи в результаті використання продуктів і виробів, промислові відходи (наприклад, побічні продукти переробки) і технологічні відходи (наприклад, стічні води паперової промисловості). Крім того, джерело волокон може бути одержане або витягнуте з побутових відходів (наприклад, побутових стічних вод), відходів тваринництва і рослинних відходів. Додаткові джерела волокон були описані в патентних документах U.S. Patent Nos. 6448307, 6258876, 6207729, 5973035 і 5952105.

Цукор, що виділяється в ході біотехнологічного процесу, може бути перетворений в різні продукти, такі як спирти або органічні кислоти. Вид одержуваного продукту залежить від застосовуваних мікроорганізмів і умов проведення біотехнологічного процесу. Ці стадії можуть бути здійснені на відомому існуючому обладнанні для виробництва етанолу на основі зерна з невеликою його модифікацією або практично без модифікації. Якщо у вихідній сировині присутня геміцелюлоза, то в ході біотехнологічного процесу може утворюватися потік ксилози (C5) і, тому, в деяких випадках, забезпечується видалення цього потоку після колони відгону.

Застосовуваний в біотехнологічному процесі мікроорганізм може бути природним мікроорганізмом або штучним мікроорганізмом. Наприклад, мікроорганізмом може бути

бактерія, наприклад, бактерія, що розкладає клітковину, грибок, наприклад, дріжджі, рослина або одноклітинний організм, наприклад морська водорість, протозоа або одноклітинний організм, подібний грибку, наприклад, слизова пліснява. Коли організми сумісні, можуть бути використані суміші організмів. Мікроорганізм може бути аеробний або анаеробним.

5 Мікроорганізм може бути гомоферментативним мікроорганізмом (проводить тільки один або практично один кінцевий продукт). Мікроорганізм може бути гомоацетогенним мікроорганізмом, гомомолочним мікроорганізмом, пропіоновокислою бактерією, маслянокислою бактерією, бурштиновокислою бактерією або 3-гідроксипропіоновокислою бактерією. Мікроорганізм може стосуватися роду, вибраного з групи *Clostridium* (клостридій), *Lactobacillus* (молочнокисла бактерія), *Moorella*, *Thermoanaerobacter* (термальноанаеробна бактерія), *Propionibacterium* (пропріонібактерії), *Propionispora*, *Anaerobiospirillum* і *Bacteriodes* (бактероїди). У конкретних прикладах мікроорганізмом може бути *Clostridium formicoaceticum*, *Clostridium butyricum*, *Moorella thermoacetica*, *Thermoanaerobacter kivui*, *Lactobacillus delbrukii*, *Propionibacterium acidipropionici*, *Propionispora arboris*, *Anaerobiospirillum succiniciproducens*, *Bacteriodes amylophilus* або *Bacteriodes ruminicola*. Наприклад, мікроорганізмом може бути рекомбінантний мікроорганізм, створений для одержання необхідного продукту, такий як рекомбінантна *Escherichia coli* (Кишкова паличка), перетворена за допомогою одного або більше генів, здатних до кодування білків, яку використовують для безпосереднього продукування необхідного продукту (дивіться, наприклад, патентний документ U.S. Pat. № 6852517, виданий 8 лютого 2005).

Бактерії, які можуть зброджувати біомасу в етанол й інші продукти, включають, наприклад, *Zymomonas mobilis* і *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, раніше). У публікації Leschine et al., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2002, 52, 1155-1160 було описане виділення анаеробної мезофільної целюлолітичної бактерії з лісового ґрунту, *Clostridium phytofermentans* sp. nov., яка перетворює целюлозу в етанол.

Біотехнологічна обробка, наприклад, зброджування біомаси в етанол й інші продукти, може бути здійснена з використанням певних типів теплолюбивих і створених за допомогою генної інженерії мікроорганізмів, таких як вид *Thermoanaerobacter*, включаючи *T. Mathranii*, і вид дріжджів, такий як *Pichia*. Прикладом штаму *T. mathranii* є A3M4, описаний в публікації Sonne-Hansen et al., *Applied Microbiology and Biotechnology* 1993, 38, 537-541 або Ahring et al., *Arch. Microbiol.* 1997, 168, 114-119.

Для полегшення розкладання матеріалів, які включають целюлозу (оброблених будь-яким описаним тут способом або навіть необроблених), можуть бути використані один або більше ферментів, наприклад, фермент, що розкладає клітковину. У деяких варіантах здійснення матеріали, які включають целюлозу, попередньо обробляють ферментом, наприклад, шляхом змішування матеріалу і ферменту у водному розчині. Потім цей матеріал можуть змішати з будь-яким описаним тут мікроорганізмом. В інших варіантах здійснення матеріали, які включають целюлозу, один або більше ферменти і мікроорганізм змішують одночасно, наприклад, шляхом змішування у водному розчині.

Кислотні карбоксильні групи в цих продуктах звичайно знижують рН розчину бродіння, що приводить до пригнічення бродіння, що викликається деякими мікроорганізмами, такими як *Pichia stipitis*. Відповідно, в деяких випадках, бажано додавати основу і/або буфер до початку зброджування або в процесі зброджування для підвищення величини рН розчину. Наприклад, для підвищення величини рН середовища і зміни величини рН в оптимальному для використовуваного мікроорганізму інтервалі в середовище бродіння може бути доданий гідроксид натрію або вапно.

Бродіння звичайно проводять у водному поживному середовищі, яке може містити джерело азоту або інше поживне джерело, наприклад, сечовину, нарівні з вітамінами, мікроелементами і металами. Звичайно переважно, щоб поживне середовище було стерильним або щонайменше мало низьке мікробне навантаження, наприклад, низьку кількість бактерій. Стерилізація поживного середовища може бути здійснена будь-яким необхідним способом. Однак в переважних варіантах здійснення стерилізацію здійснюють шляхом опромінення поживного середовища або індивідуальних компонентів поживного середовища перед змішуванням. Для мінімізації витрати енергії і кінцевих витрат звичайно використовують як можна нижчу дозу опромінення, але при якій досягаються необхідні результати. Наприклад, в багатьох випадках, саме поживне середовище або компоненти поживного середовища можна обробити дозою опромінення менше 5 мрад, наприклад, менше 4, 3, 2 або 1 мрад. У конкретних випадках поживне середовище обробляють дозою опромінення приблизно від 1 до 3 мрад.

ІНШІ ВАРІАНТИ ЗДІЙСНЕННЯ

В описі винаходу був описаний ряд варіантів здійснення. Проте, потрібно мати на увазі, що можуть бути зроблені різні модифікації варіантів здійснення без відступу від суті і об'єму винаходу.

Наприклад, в той час як вище розглядалося одержання сухого збродженого зерна з розчинними речовинами (DDGS), в деяких випадках, замість сухого збродженого зерна з розчинними речовинами, кінцевий продукт може являти собою вологе зброджене зерно з розчинними речовинами (WDGS). Вологе зброджене зерно з розчинними речовинами (WDGS) з високим вмістом води звичайно дуже дорого перевозити, і воно піддане псуванню, але у деяких разях його можна використовувати, наприклад, на корм худобі, коли установка одержання етанолу знаходиться поблизу від скотарських ферм. Такі можливості застосування описані, наприклад, в патентному документі U.S. Patent № 6355456, зміст якого приводиться тут шляхом посилання на нього.

У розкритих тут способах можуть застосовуватися методи або мокрого подрібнення, або сухого подрібнення.

Відповідно, інші варіанти здійснення входять в об'єм наступних далі пунктів формули винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб одержання кормових відходів, який включає: біотехнологічну обробку зерна і/або сировини, що включає целюлозу і/або лігноцелюлозу, з одержанням етанолу та інших продуктів; одержання кормових відходів як побічного продукту в ході вказаної обробки і опромінення кормових відходів, що одержують,
- де кормові відходи містять антибіотик, і умови опромінення вибирають таким чином, щоб вони забезпечували інактивування або руйнування антибіотика.
2. Спосіб за п. 1, в якому біотехнологічний процес включає використання ферменту.
3. Спосіб за п. 2, в якому фермент є ферментом целюлози.
4. Спосіб за п. 1, в якому біотехнологічний процес включає бродіння.
5. Спосіб за п. 4, в якому кормові відходи включають зброджене зерно і розчинні речовини.
6. Спосіб за п. 1, в якому після опромінення кормові відходи містять менше ніж 100 м. ч., наприклад менше ніж 50, 25, 10 або 1 м. ч. за масою активного антибіотика.
7. Спосіб за п. 6, в якому кормові відходи практично не містять активного антибіотика.
8. Спосіб за п. 1, в якому до опромінення кормові відходи містять приблизно від 500 м. ч. до приблизно 10000 м. ч. за масою активного антибіотика.
9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-5, в якому до опромінення харчові залишки містять бактерії, і опромінення здійснюють за умов, при яких відбувається знищення бактерій.
10. Спосіб за п. 5, в якому зброджене зерно і розчинні речовини піддавали сушінню з отриманням сухого збродженого зерна і розчинних речовин (DDGS).
11. Спосіб за п. 10, в якому сушіння проводили до опромінення.
12. Спосіб за будь-яким з приведених вище пунктів, в якому опромінення здійснюють при дозі, більшій ніж 0,5 мрад.
13. Спосіб за будь-яким з приведених вище пунктів, в якому опромінення здійснюють при дозі, меншій ніж 5 мрад.
14. Спосіб за будь-яким з приведених вище пунктів, в якому опромінення здійснюють при дозі приблизно від 1 мрад до 3 мрад.

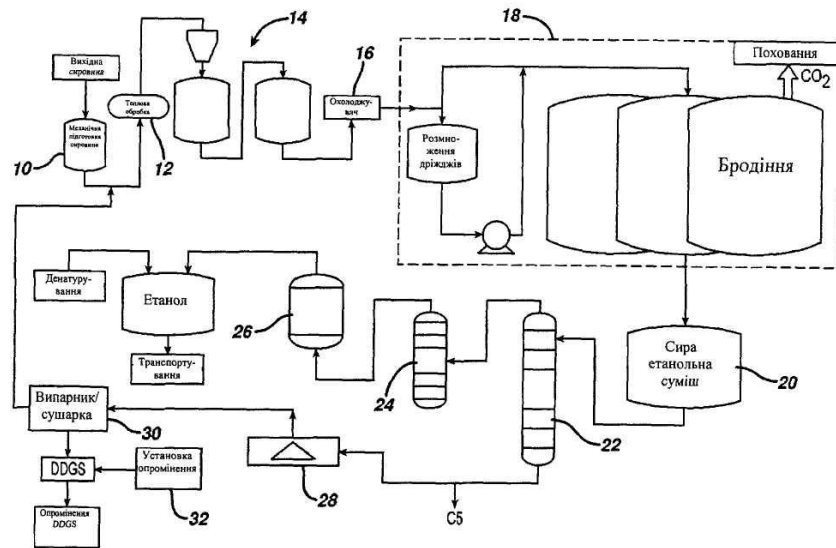


Fig. 1